

*Un modello in scala per cercare di capire come funzionasse la
cosiddetta Colonna serpentina, ora ad Istanbul*

Abstract

The serpentine column of Istanbul is recognized as one of the oldest artifacts that have been described in historical sources. It is a monolithic fusion in bronze high about six / eight meters representing three snakes twisted together. It was translated by the Emperor Constantine from Delphi to Constantinople in 324 AD and placed in his glory in the plug in the circus. It is still visible in the same place where Constantine placed it, despite filling the stadium, the looting of the fourth crusade, the conquest of Muhammad II, the numerous wars and various periods of foreign domination, and mutilation of the heads of snakes.

It is thought that what the column has undergone over the centuries altered the initial functionality making it an object now only *statically* exposed.

This study proposes a model to search of the lost functionality of the column standing in Delphi, on the access ramp to the sacred area, as a wonderful machine to intimidate and to bless.

After a brief reminder of the history of the column and its iconography, from the analysis of the base stones, the size of the internal cavities, the shape of the remaining head, argue choices follow the design and the construction of the proposed model.

This study would like also to move the international interest to sprone the local government to find a place in a museum for the column, now extensively cracked, replacing it the field by a copy.

Introduzione e scopo del lavoro

La colonna serpentina di Istanbul è riconosciuta come uno dei più antichi manufatti che siano stati descritti in fonti storiche-letterarie: ne parlano Erodoto, Tucidite in relazione alla battaglia di Platea vinta dagli Ateniesi contro i Persiani nel 479 a.C. Si tratta di una fusione monolitica in bronzo, ora, purtroppo mutila, alta circa sei/otto metri che rappresenta tre serpenti attorcigliati fra loro, con le teste in alto sporgenti ed equidistanti in senso circonferenziale. E' da sempre un particolare oggetto, non solo per il ricordo dell'importanza storica della battaglia ma perché è stato sempre considerato un simbolo mistico-religioso, così prezioso da essere stato traslato dall'imperatore Costantino da Delfi a Costantinopoli nel 324 d.C. e posizionato a sua gloria nella spina nel circo (Ridgway B.S. 1977).

La *colonna* é tuttora visibile nella stessa collocazione voluta da Costantino, malgrado il riempimento dello stadio, i saccheggi della quarta crociata, la conquista di Maometto II, le numerose guerre ed i vari periodi di dominio stranieri e la mutilazione delle teste dei serpenti e, forse, delle spire di base Fig.1 (Velmans T. a cura di-2008).

Si pensa che gli spostamenti che la colonna ha subito nel corso dei secoli ne abbiano alterata l'iniziale funzionalità fino a renderla un oggetto ora solo "staticamente" esposto.

Il presente studio propone un modello per la ricerca della perduta funzionalità della colonna pensandola a Delfi, nella sua collocazione sulla rampa di accesso alla zona sacra dedicata ad Apollo Fig. 2, come una meravigliosa macchina per incutere timore e per benedire.

Dopo un breve ricordo della storia della colonna e della sua iconografia, dall'analisi delle pietre del basamento, dalle dimensioni dei condotti interni, dalla forma delle teste si argomentano le scelte seguite mano a mano nella costruzione del modello finale.



Fig. 1. La colonna serpentina come oggi si può vedere ad Istanbul nella spina dell'antico stadio e come viene riportata in vecchi manoscritti (Anonimo 1574 circa), (Surname-i Vehbi, s.d.), per esempio (Surname-i Vehbi, s.d.).

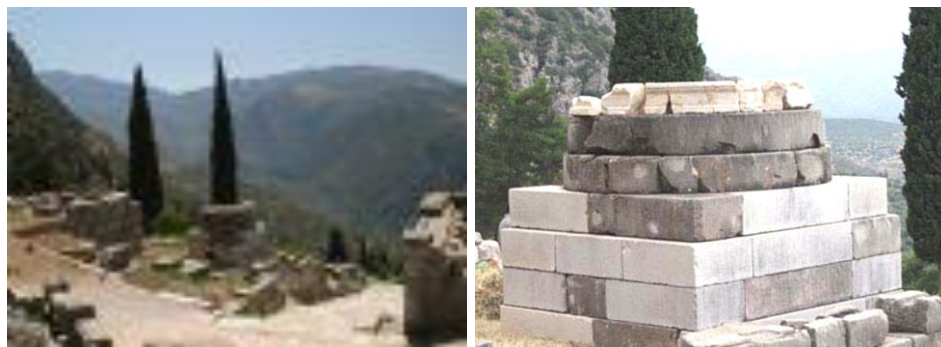


Fig. 2. La via sacra a Delfi ed il vecchio basamento della "colonna".

Si auspica che la colonna, ora ampiamente fessurata, possa trovare una migliore collocazione museale, magari vicina all'unica testa sopravvissuta di uno dei serpenti ora esposta all' Istanbul Archaeology Museum e che possa essere sostituita in loco da una copia.

La colonna ad Istanbul e meraviglia di un osservatore

Una visita ad Istanbul è un tuffo nella storia (Velmans T. a cura di-2008) e fra le costruzioni che attirano l'attenzione, soprattutto per chi si occupa di tecnologia, vi è la cosiddetta colonna serpentina Fig.1. Si tratta di una fusione monolitica in bronzo alta circa sei metri del diametro della sezione inferiore di circa un metro, che ha la forma di tre serpenti che si avvolgono su se stessi. Il manufatto è chiaramente troncato all'estremità dove dovrebbero trovarsi le teste dei serpenti. Strana è anche la parte bassa, dato che non presenta code o sistemi di fissaggio, ma i tre *serpenti* sporgono direttamente dal fondo piano. La fusione è posta in una specie di vasca dal momento che il vecchio stadio è stato riempito di materiale di risulta e la base di questa colonna non è stata riportata a livello. Nasce così spontaneo chiedersi a cosa servisse un tal manufatto. L'osservazione diretta porta a constatare la presenza di varie fessure sul fusto della *colonna*. Così, oltre alla domanda precedente, questo lavoro vuole anche richiamare i responsabili locali alla conservazione di questo così importante e, come vedremo, documentatissimo oggetto, frutto di una sapiente tecnologia.

Le esposizioni di serpenti bronzei si rintracciano nella Bibbia dove si legge Numeri 21, 4-9: 8-*Il Signore disse a Mosè: «Fòrgiati [meglio tradurre Fonditi] un serpente velenoso e mettilo sopra un'asta: chiunque sarà morso, se lo guarderà, resterà in vita».* 9-*Mosè allora fece un serpente di bronzo e lo mise sopra un'asta; e avveniva che, quando un serpente mordeva qualcuno, se questi guardava il serpente di bronzo, restava in vita.*

Poi questo serpente in bronzo venne distrutto, infatti si legge in Re 18:4

Sopprese gli alti luoghi, frantumò le statue, abbatté l'idolo d'Astarte, e fece a pezzi il serpente di bronzo che Mosè aveva fatto;

Anche nella Cappella Sistina Michelangelo riporta una immagine del popolo attaccato dai serpenti e del serpente guaritore in bronzo Fig.3.



Fig.3. Il serpente di bronzo di Mosè rappresentato da Michelangelo nella Cappella Sistina e i serpenti che Apollo regge con il braccio di sinistra.

La nostra *colonna* è stata trasportata da Delfi a Costantinopoli dall'imperatore Costantino e posta proprio nel luogo dove ora si trova, come descritto da numerosi lavori (Madden T.F. 1992) (Gauer W. 1968) (Mufid M. A. 1970) che citano le testimonianze degli storici Bizantini Zosimus, Eusebius, Socrates, and Sozomenus e da Erodoto, Tuciddide, Demostene, Diodoro Siculo, Pausania il viaggiatore, Cornelio

Nepote, Plutarco. Gli storici evidenziano la considerazione nella quale veniva tenuto questo manufatto e come venne abbellito dagli Achei dopo la vittoria di Platea sui Persiani. In particolare Erodoto nelle Storie, IX, 81 scrive che dopo la vittoria di Platea: «Quando il bottino fu tutto ammassato, la decima parte di esso fu messa da parte per il dio di Delfi, e da questa fu fatto il tripode [la coppa] d'oro che sta sul serpente di bronzo a tre teste vicino all'altare.» Anche Tucidite scrive di coppa posta sulla testa dei serpenti.

Il simbolo di serpenti avvolti su di un'asta è sempre legato alla figura di Apollo guaritore che lo regge Fig. 3 e ha poi avuto nel tempo largo seguito, come attestano ancora oggi le insegne delle farmacie.

Ciò che resta del monumento: la colonna e una testa, le dimensioni e una valutazione delle masse

Dai rilievi di Gauer (Gauer W. 1968) si conoscono le dimensioni del manufatto Fig. 4 con due sue interpretazioni della forma originale. E se ne può stimare il peso.

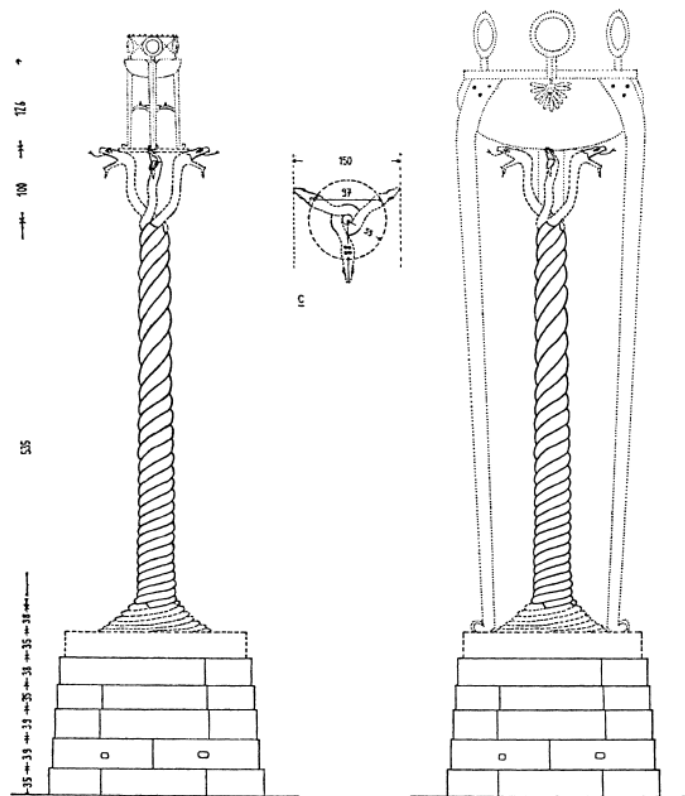


Fig. 4. Rilievo del monumento esistente e due ipotesi sulla sua ricostruzione (Gauer W. 1968).

Si può calcolare, considerando lo spessore del bronzo di circa 5 mm, avendosi, senza valutare l'inclinazione delle spire, almeno $10 \times 3 = 30$ tori sovrapposti aventi ciascuno diametro del tubo di circa $d_{est} = 20$ cm $d_{int} = 19$ cm $d_{med} = 40$ cm, che, per il teorema di Guldino, il volume della singola spira sia pari a: $V = \pi (d_{est}^2 - d_{int}^2) \pi d_{med} / 4 = 3849 \text{ cm}^3$ da cui, per 30 spire, il volume totale sarà: $V_{tot} = 115474 \text{ cm}^3$.

La colonna, priva dei colli dei serpenti, pesa quindi $P=115 \text{ dm}^3 \times 8,8$ dove 8,8 è il peso specifico del bronzo aggiungendo il 10 % circa, per tenere conto delle teste, si ottiene un peso totale $P_{\text{tot}}= 1,1 \text{ ton}$.

Del monumento rimane anche la testa di uno dei serpenti Fig. 5.

La testa, fortunatamente ritrovata, è ora custodita nel museo di Istanbul. Maggiori dettagli si possono trovare in (Ridgway B.S. 1977) (Gauer W. 1968) dove è mostrata anche la parte superiore del palato con la presenza di un piccolo foro. Si può pensare che la mandibola si articolasse sulla testa e che potesse ostruire, nella posizione di riposo, un foro che metteva in comunicazione l'interno dei *corpi-condotti* con i fori degli occhi del serpente.



Fig. 5. La testa di uno dei serpenti custodita nel museo di Istanbul

Le pietre del basamento di Delfi

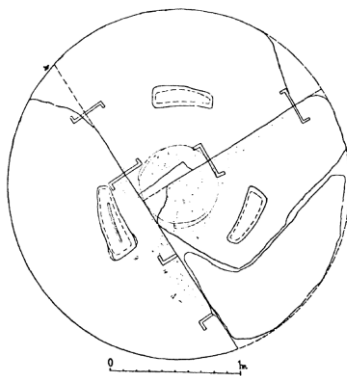


Fig. 6. Il rilievo della basamento della "colonna" (Ridgway B.S. 1977).

A Delfi, dove ancora oggi i turisti, *percorsa la serpeggiante e stancante via sacra si trovano avvolti da un'atmosfera di mistero e di grandezza* (1), gli archeologi hanno rinvenuto una pietra che, anche se in forma leggermente dubbiosa, considerano appartenente al basamento originale della colonna Fig. 6. (Ridgway B.S. 1977) . La pietra, come si può misurare tramite la scala di corredo al disegno, ha diametro di circa 2,7 metri, mentre i *testimoni* dei tre *tubi* si trovano su di un diametro di circa 1,5 metri. La pietra dal rilievo di Fig.4 ha uno spessore di 35 cm. Si può così valutarne il peso totale $PP_{\text{tot}}= 5,58 \text{ ton}$ considerando un peso specifico della pietra di $2,8 \text{ Kp/dm}^3$.

Ipotesi sulla funzionalità perduta

La dimensione dei condotti tre tubi ciascuno del diametro di circa 200 mm non sembra compatibile con quelli richiesti da una fontana, anche se di grandi dimensioni. Per giustificare queste dimensioni occorrerebbe una portata molto alta che non si poteva trovare in quelle zone. Si pensa quindi che queste dimensioni siano compatibili con tubi per il vapore. Nasce quindi una prima ipotesi: la colonna potrebbe essere stata una caldaia, oggi diremmo a tubi d'acqua, attorno alla quale era acceso il fuoco, oppure il vapore veniva generato all'esterno e fuoriusciva in alto dalle teste dei serpenti.

Data la posizione del basamento a Delfi non sembra possibile che tutte le teste fossero alimentate dato che gran parte del fluido erogato sarebbe andato nel dirupo. Nasce quindi un'ulteriore ipotesi che la colonna venisse mossa, come in uso in alcuni templi antichi (Amandry P. 1993) (Ibn al-Razzaz al-Jazari tr. 1973) (Baldi B. 1616) (Aleotti G.B. 1589), (Losano M.G. 2003) in lenta, solenne rotazione e che spargesse vapori in modo da generare una specie di nebbia: una nube entro la quale venivano avvolti i postulanti che salivano per essere confortati e guidati dalle profezie dalla Pizia.

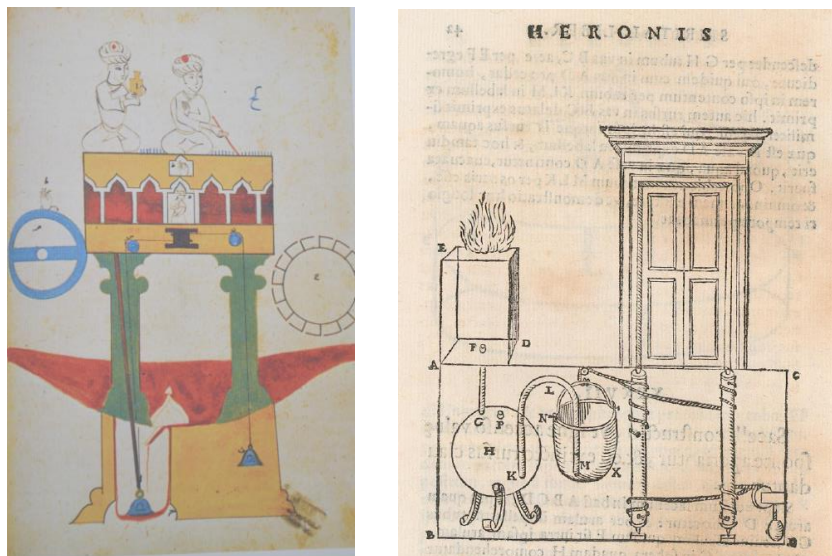


Fig. 7. Dal manoscritto di al-Jazari un sistema di rotazione impiegato in un tempio per fare ruotare immagini di suonatori di flauto. La ricarica del sistema avveniva riempiendo e svuotando secchi (Amandry P. 1993), Da Erone un sistema idraulico per aprire porte (Ibn al-Razzaz al-Jazari tr. 1973) (Baldi B. 1616).

Si possono così ottenere alcuni riscontri sul fatto che tracce di carbone siano state trovate sul basamento e che venisse descritta la presenza di vapori sulfurei nella zona, condizioni accettate prima e contraddette poi dai geologi.

Non sembra fuori luogo, data la particolare forma dell'interno della testa che il movimento della mandibola potesse avvenire in modo intermittente in modo da generare un rumore che potesse venire amplificato dai corpi cavi dei serpenti stessi.

Si ritiene che fosse possibile il sostentamento della colonna, solidale al basamento di pietra, per via idrostatica, date le dimensioni della base. Anche questa tecnologia era nota, come dimostrano le ralle delle porte di Tebe. La possibilità che la colonna

potesse ruotare è dimostrata dalle statue rotanti nei tempi greci riportate anche nel libro degli *automata* (Ibn al-Razzaz al-Jazari tr. 1973).

La pressione per sostenere la colonna con il suo basamento, sommando il peso della base con il peso della colonna porta a considerare un peso $P_{TOT}=6680 \text{ Kp}$.

La base avendo un diametro di 2,7 metri ha un'area di 5,7 metri quadri quindi la pressione da contrastare è $6680 / 5,7 = 1172 \text{ kg/m}^2$, 11720 pa cioè 1,2 metri di colonna d'acqua, molto al di sotto, anche considerando le inevitabili perdite, dell'altezza della stessa colonna o di una possibile sorgente esterna posta a un metro e mezzo di dislivello.

Per la presenza sul basamento di un segmento a forma di puleggia, si può pensare che il moto venisse dato dall'esterno tramite una fune che si avvolgeva su di essa. Questo sistema veniva usato nell'antichità (Mufid M. A. 1970) Fig. 7. Dove la giostra veniva mossa da una fune messa in tensione da pesi. Un peso era maggiore dell'altro e la coppia veniva generata dalla differenza dei due pesi per il braccio. Il peso più piccolo serviva a mantenere in tensione la fune senza che questa potesse scarrucolare durante il ricaricamento. Il sistema riduce anche la componente radiale delle forze permettendo un più facile centraggio.

Le scelte costruttive per un prototipo funzionante e alcune fasi della costruzione

Per provare che le ipotesi sopra esposte fossero possibili, si è pensato di costruire un modello in scala 1:10 circa del monumento. Non potendo pensare ad una fusione per l'elevato costo che richiede una tale tecnologia, si è ripiegato sulla formatura di tubi di rame, anche questa tecnologia si è rivelata di difficile realizzazione data la forte deformazione alla quale deve venire sottoposto il tubo per avvolgerlo su di un sostegno di piccolo diametro.



Fig. 8. Alcune prove su come realizzare il modello: la ricerca di soluzioni per il corpo dei serpenti.

Si sono quindi impiegate lunghe molle di rame, avvolte ad hoc, all'interno delle quali è stato inserito, per la necessaria tenuta del fluido interno, un tubo in poliuretano, ancorato alle estremità con adatto collante. Tutte le spire sono avvolte su di un alberino di sostegno. Sulla base si è pensato di ricorrere ad un distributore

rotante ottenuto con due guarnizioni a labbro alloggiare entro un anello, per mantenere il fluido confinato all'interno del dispositivo Fig. 9.

Data anche la non praticabilità, a meno di disporre di una centralina esterna, di pensare ad un sostentamento idrostatico, l'alberino centrale è inserito in un terminale in bronzo sostenuto su di una sfera che funge da reggispinga e inserito in un foro del basamento che funge così da cuscinetto radiale. Il tutto viene messo in rotazione da un piccolo motore elettrico a velocità variabile, tramite una cinghietta dentata.

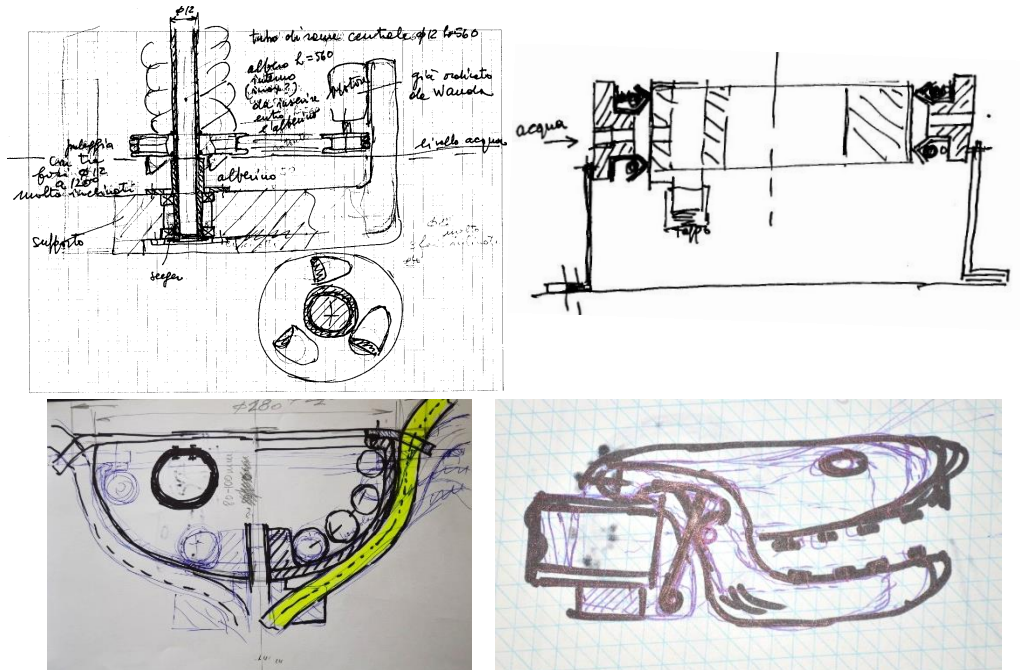


Fig. 9 Alcune fasi di disegno del modello: il basamento con il cuscinetto radiale e reggispinga, il distributore rotante, la coppa, la valvola della testa.



Fig. 10. Alcuni particolari del modello funzionante: la coppa e il distributore

Un breve filmato può, meglio della descrizione a parole, mostrarne il funzionamento ... lento e solenne.

Lavoro futuro

Uno studio fluidodinamico sulla testa conservata nel museo di Istanbul potrebbe chiarire il funzionamento della mandibola impiegata come valvola. Potrebbe chiarire se la spinta del vapore uscendo producesse anche un suono e se il corpo dei serpenti potesse fungere da cassa di risonanza, se il foro sul palato del serpente potesse servire a immettere nel flusso del vapore dalla famosa coppa d'oro una essenza profumata.



Fig. 11 Il modello funzionante

Conclusioni

Le argomentazioni portate e il modello funzionante vogliono portare un contributo allo studio sulla perdita operatività del bellissimo manufatto di Istanbul e far sì che il governo della Turchia possa prendere nella dovuta considerazione lo stato di degrado e proteggere in altro modo questo rarissimo esempio della sapienza tecnologica dell'antichità. Si auspica anche che altri studiosi possano essere interessati all'argomento e possano portare ulteriori contributi alla definizione completa dell'operatività originale di questo così affascinante manufatto.

Ringraziamenti

Non sarebbe stato possibile vedere il modello funzionante senza l'aiuto dei tecnici Stefano Monti, Francesco Tari e Vanda Roversi del DIN dell'Università di Bologna e, senza l'aiuto del Mollificio F.lli Ballotta di Calderara di Reno (Bologna) nella costruzione del *corpo* in rame.

Bibliografia

Aleotti G.B. (1589), Gli artifiziosi et curiosi moti spiritali di Herone, Baldini Stampator Ducale, Ferrara.

Amandry P. (1993), Notes de topographie et d'architecture des delphiques, Bulletin de correspondance Hellénique, Vol 117 (1) 263-269.

Anonimo (1574 circa), Santa Sofia e l'ippodromo acquerello dal Freshfield Album, Cambridge Trinity College Ms. 017.2, fol 20. Riportato in (Velmans T. 2008)

Baldi B. (1616), Heronis Ctesibij Belopoeeca hoc est telifactiva Bernardino Baldo Vrbinate Guastallae abbate illustratore et interprete item Heronis vita eodem auctore , Augustae Vindelicorum typis Davidis Franci, Ausburg

Gauer W. (1968), Weihgeschenke aus den Perserkriegen, Ist. Mitt. Beiheft 2, Ernst Wasmuth,, Tubingen

Ibn al-Razzaz al-Jazari tradotto da D.R. Hill, (1973), The Book of Knowledge of Ingenious Mechanical Devices:– December 31, Springer

Losano M.G. (2003), Automi d'oriente Medusa Ed., Milano.

Madden T.F. (1992), The Serpent Column of Delphi in Costantinople: Placement, Purposes, and Mutilations, BMOS 16 (1992) 111-145.

Mansel Arif Mufid (1970),, Istanbul'daki "Burmali sutun" , Turk Tarih Kurumu, Belletin XXXIV n.134, pp189,209

Ridgway B.S. (1977) The Plateaan Tripod and the Serpentine Column. American Journal of Archaeology 181, pp 374-379.

Scherbatenko I.V., Surikov V.I. (2005), Distribution of the absolute flow velocity behind the srew impeller of a centrifugal pump, Chemical and Petroleum Eng, Vol.41 n.3-4 pp. 199206.

Surname-i Vehbi,, Miniature ottomane, <http://www.os-ar.com/levni/index7.htm>

Velmans T. -a cura di-.(2008), Bisanzio Costantinopoli Istanbul, Jaca Book, Milano.

Wilson Jones M. (2002), Tripods, Triglyphs, and the Origin of the Doric Frieze, American Journal of Archaeology, Vol. 106, No.3, July, pp. 353-390.

Sitologia

- (1) <http://www.tanogabo.it/Delfi.htm> (novembre 2015)

Note

- [1] già ordinario di Costruzione di Macchine nella Università di Bologna, via Vallescura 23/3 – 4136 Bologna, pg.molari@gmail.com
- [2] Si veda anche: https://en.wikipedia.org/wiki/Serpent_Column (9-11-2015)
- [3] forse dovute alla traduzione in *tripode* e non in *coppa* della corrispettiva parola greca ma con riscontri nella iconografia dell'epoca (Wilson Jones M. 2002), anche se riferentesi a tripodi aventi apparentemente dimensioni ridotte.
- [4] Un possibile funzionamento della "colonna", come "screw-pump" seguita da una centrifuga in alto (Scherbatenko I.V., Surikov V.I. 2005), viene scartata per l'alta velocità che un tale rotore non sarebbe in grado di raggiungere, anche se, potendo disporre di un serbatoio a livello, potrebbe essere impiegata ugualmente la centrifuga terminale per disperdere liquido: una specie di irroratore.